

2009 37043A

別添1

厚生労働科学研究費補助金

地域医療基盤開発推進研究事業

**疾患を中心とした医療連携フローの可視化と  
医療資源の配置に関する研究**

平成21年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 小笠原 克彦

平成 22 (2010) 年 5 月

## 目 次

### I. 総括研究報告

- 疾患を中心とした医療連携フローの可視化と医療資源の配置に関する研究 ----- 1  
小笠原 克彦(北海道大学大学院保健科学研究院)

### II. 分担研究報告

1. GIS による医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化  
-北海道の小児科・産科・脳卒中・急性心筋梗塞を対象として- ----- 5  
小笠原 克彦(北海道大学大学院保健科学研究院)

2. 患者受診行動シミュレーションのための患者の医療要求度分布の推定  
-北海道二次医療圏を対象とした検討- ----- 19  
寺下 貴美(北海道大学大学院保健科学研究院)

(資料) 各二次医療圏におけるモデル関数の当てはまり  
各二次医療圏における患者医療要求度分布の推定  
各二次医療圏におけるモデル推定  
各二次医療圏におけるモデル推定の係数  
年度で比較したモデル係数

3. 地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証 ----- 40  
大場 久照(北海道情報大学経営情報学部医療情報学科)

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 73

### IV. 研究成果の刊行物・別刷 ----- 73

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）  
総括研究報告書

疾患を中心とした医療連携フローの可視化と医療資源の配置に関する研究

研究代表者 小笠原克彦 北海道大学大学院保健科学研究院教授

分担研究者

秋山 昌範 東京大学政策ビジョン研究センター教授  
大場 久照 弘前大学大学院保健学研究科助教  
(現・北海道情報大学経営情報学部准教授)  
谷川 琢海 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター病院研究員  
寺下 貴美 北海道大学大学院保健科学研究院助教

研究要旨

本年は、地域医療基盤開発推進のために基礎資料を構築するため、医療 GIS を構築し、北海道の医療資源偏在の現状と患者フローからみた二次医療圏の妥当性について検討した。

(1) "GIS による医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化-北海道の小児科・産科・脳卒中・急性心筋梗塞を対象として-"では、医療機関と人口情報より医療ニーズの可視化のパイロットスタディとして、北海道の小児科・産科等を対象に人口データと医療機関の住所・診療科・病床数などを GIS に組み込み、医療資源の偏在を可視化した。その結果、医療機関を中心に 10km 及び 20km を示すことにより、医療資源が乏しい地域を明らかにするとともに、救急を考慮した医療資源の配置を検討することが可能であった。

(2) "患者受診行動シミュレーションのための患者の医療要求度分布の推定-北海道二次医療圏を対象とした検討"では、患者の受診行動を予測するシミュレーションを行うために患者の発生分布の推定し、変形した重力モデルにより患者の医療要求度を表す式を算出した。更に、この患者数の割合からロジットモデルによるモデル式を推定し、患者の医療要求度分布を得た。その結果、 $Y=1/[1+\exp(-a)*X^{(-b)}]$ のモデルが最も適合が良く、分布関数として  $g(x)=[-b*X^{(b-1)}]/[\exp(a)*X^{(b)}+1]^2$  が推定された。

(3) "地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証"では、国や北海道から発表された統計資料をもとに、GIS を用いて移動選好指数 (MPI) を指標として受療動向、通勤通学動向、買物動向の空間的、統計的分析を行い、北海道保健医療福祉計画における現在の二次医療圏の圏域を検証するとともに、医療計画における GIS の有用性について検証した。その結果、二次医療圏の圏域変更が必要と判断される町村を明らかにすることが可能であった。

## 1. 目的

現在、地域医療崩壊の対策が急務となっているが、明確な対応策を見出すことはできていない。特に、北海道や東北地方においては、深刻であり早急な対策が求められているが、分析のための資料が不足しているのが現状である。近年、高性能コンピュータと電子地図の普及に伴い、簡単に地図情報システム(GIS)の利用が可能となった。このGISに各種医療データを組み込み、オペレーションズ・リサーチ(OR)の手法による最適配置や動態分析を実施することにより、複雑な患者動態や医療機関の配置を可視化し、分析することが可能となる。現在までに、患者データや医療機関データが組み込んだGISの構築およびそのGISを活用した分析はあまりなされていない。

本研究では、患者および政策の観点から疾患毎の患者動態および医療機関配置を可視化し、地域毎の効率的な医療連携と医療資源の配置を検討するための基礎資料と分析手法を提案することを目的とする。特に平成21年はGISを構築し、北海道の医療資源偏在の現状と患者フローからみた二次医療圏の妥当性に絞って研究を行った。

- (1) GISによる医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化-北海道の小児科・産科・脳卒中・急性心筋梗塞を対象として-
- (2) 患者受診行動シミュレーションのための患者の医療要求度分布の推定-北海道二次医療圏を対象とした検討
- (3) 地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証

## 2. 方法

- (1) GISによる医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化

疾患ごとの患者フローを分析するための基盤構築のため、北海道全域の医療機関の住所を緯度・経度に変換し、医療機関の診療科・病床数や男女別・年齢別人口を組み込んだ医療地図情報システムを構築した。北海道での医療機関の偏在を可視化するために、構築した医療地図情報システム上に小児医療・産科医療・脳神経系疾患医療(脳卒中)・循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)を担当する医療機関と点表示した人口密度を重ね合わせて表示した。

- (2) 患者受診行動シミュレーションのための患者の医療要求度分布の推定

医療要求度を、“医療圏の住民が医療を受けるために、移動距離がながくても医療資源規模の魅力にひき寄せられる度合い”と定義した。北海道保健医療福祉計画により設定された北海道全域の二次医療圏(21圏域)を分析の単位とし、患者移動数は診療分国民健康保険患者受療動向調査結果から入院外患者における二次医療圏間の患者受診数を、医療資源規模は北海道統計年報から病院数を選択した。それぞれH12とH17のデータを採取して分析に用いた。重力モデルを式変形し、患者の医療要求度を表す式を得た。この患者数の割合からモデル式を推定し、患者の医療要求度分布を得た。モデル式の推定にはロジットモデルを用いた。

### (3) 地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証

2000年の「平成12年5月診療分国民健康保険患者受療動向調査結果(北海道保健福祉部)」をもとに、構築したGISにより流出率、移動選好指数(Migration Preference Index; MPI)および患者の医療機関に通院する平均移動距離を指標として入院・外来別の受療動向を二次医療圏および市町村単位で検証した。更に、住民の通勤通学動向の検証および住民の買物行動を考慮し、都市圏および市勢圏による圏域との比較検証を行うとともに、市町村合併の影響を分析した。

## 3. 結果・考察

### (1) GISによる医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化

小児医療機関は北海道全域で70%程度が20km圏に含まれていたが、産科医療では医療機関数が少なく、20km圏ではカバーされない範囲が大きいことが明らかになった。脳神経系疾患医療(脳卒中)および循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)では、配置の傾向が似ていた。医療機関を中心に10kmおよび30kmを示すことにより、救急を考慮した医療資源の配置を検討することが可能であった。本研究より、人口密度が高い都市部では全体を俯瞰した分析は難しく、医師数や専門医を反映していない、等の課題が明らかになった。

### (2) 患者受診行動シミュレーションのための患者の医療要求度分布の推定

本研究では、 $Y=1/[1+\exp(-a)*X^{(-b)}]$ のモデルが最も適合が良く、分布関数として次の式が推定された: $g(x)=[-b*X^{(b-1)}]/[\exp(a)*X^{(b)}+1]^2$ 。分析した21医療圏の内20医療圏に極値を認め、札幌医療圏のみ極値を認めなかったことから、札幌圏に住む患者は距離を負担とせず高度な医療を受けられることが証明された。本報告により医療要求度分布から患者数を推定し、重力モデルを用いることで患者移動をシミュレートできると考えられる。

### (3) 地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証

本研究では、7二次医療圏の7町2村で二次医療圏の見直しが必要とされ、新しい二次医療圏を提案した。また、二次医療圏の圏域変更に伴う医療自給率の変化は、入院・外来ともに10圏域中7圏域で現行圏域より上昇したが、上川北部圏については入院、外来ともに医療自給率が低下した。

## 4. 結論

本研究では、患者および政策の観点から疾患毎の患者動態および医療機関配置を可視化し、地域毎の効率的な医療連携と医療資源の配置を検討するための基礎資料と分析手法の提案を試みている。本年度は、医療用GISを構築するとともに、脳卒中・急性心筋梗塞を想定した医療資源の偏在の可視化、および患者動態モデルの構築と二次医療圏の再評価を試みた。その結果、これらの研究結果は、医療提供体制や地域医療に関する医療政策を立案する上で不可欠であり、貴重な資料となることが予想される。

5. 健康危険情報

なし

6. 研究発表(予定)

- (1) 小笠原克彦, 他. GISによる医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化  
-北海道の小児科・産科・脳卒中・急性心筋梗塞を対象として-. 第30回医療情報学連合大会(浜松) H22.11 発表予定
- (2) 大場久照, 他. 地理情報システム(GIS)を用いた北海道における二次医療圏の圏域検証. 第30回医療情報学連合大会(浜松) H22.11 発表予定

7. 知的財産権の出願・登録状況

- (1) 特許取得 該当なし
- (2) 実用新案登録 該当なし
- (3) その他 該当なし

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）  
疾患を中心とした医療連携フローの可視化と医療資源の配置に関する研究  
分担研究報告書

**GIS による医療機関と人口情報の重ね合わせによる医療資源偏在の可視化**  
- 北海道の小児科・産科・脳卒中・急性心筋梗塞を対象として -

研究代表者 小笠原克彦 北海道大学大学院保健科学研究院教授

研究要旨

現在までに、詳細な患者の状態遷移に関する情報を取得することが困難であっただけではなく、地図情報システムの構築が十分ではなかったため十分に検討されていない。本研究では、小児科・産科・脳神経系(脳卒中)・循環器系(急性心筋梗塞)を対象に、医療機関と人口情報より医療ニーズの可視化のパイロットスタディとして、医師を中心とする地域毎の医療資源・スタッフの適正数と最適配置を検討するための基礎資料を提案することを目的とする。疾患ごとの患者フローを分析するための基盤構築のため、北海道全域の医療機関の住所を緯度・経度に変換し、医療機関の診療科・病床数や男女別・年齢別人口を組み込んだ医療地図情報システムを構築した。北海道での医療機関の偏在を可視化するために、構築した医療地図情報システム上に小児医療・産科医療・脳神経系疾患医療(脳卒中)・循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)を担当する医療機関と点表示した人口密度を重ね合わせて表示した。その結果、それぞれの医療について、医療機関の配置と人口密度を示すことが可能であった。小児医療機関は北海道全域で 70%程度が 20km 円に含まれていたが、産科医療では医療機関が少なく、20km ではカバーされない範囲が大きいことが明らかになった。脳神経系疾患医療(脳卒中)および循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)では、配置の傾向が似ていた。医療機関を中心に 10km および 30km を示すことにより、救急を考慮した医療資源の配置を検討することが可能であった。本研究より、人口密度が高い都市部では全体を俯瞰した分析は難しく、医師数や専門医を反映していない、等の課題が明らかになった。本研究は、患者および政策の双方の視点より、医療機関連携の状況や医療資源の配置と運用を行うための有用な資料となるものと考えられる。

## 1. 緒言

現在、全国的な地域医療の崩壊が社会問題となっている。特に、過疎地においては、医療崩壊と病院機能が分化により医師を中心とした医療資源・スタッフの流出により患者の移動距離の長距離化が進んでおり、医師を中心とした医療資源・スタッフの配置問題は益々重要性を増している。地域毎の医療資源の適正数と最適配置を検討するためには、患者の受療行動に留まらず、その地域の疾患構造や医療連携フローなどのダイナミックな医療環境を考慮した上で、地図上にその関係を示すなど面としての分析が不可欠である。しかし、現在までに、詳細な患者の状態遷移に関する情報を取得することが困難であっただけではなく、地図情報システムの構築が十分ではなかったため十分に検討されてはいない。

本研究では、小児科・産科・脳神経系(脳卒中)・循環器系(急性心筋梗塞)を対象に、医療機関と人口情報より医療ニーズの可視化のパイロットスタディとして、医師を中心とする地域毎の医療資源・スタッフの適正数と最適配置を検討するための基礎資料を提案することを目的とする。

## 2. 方法

### 2-1. 保健医療地図情報システム(H-GIS)の構築

疾患ごとの患者フローを分析するための基盤構築のため、北海道全域の医療機関のデータベースを組み込んだ保健医療地図情報システム(H-GIS: Healthcare Geographic Information System)を構築した。医療機関の諸情報は、北海道医療機能情報システム(監修:北海道保健福祉部)<sup>1)</sup>から入手した。医療機関の所在地住所については Geocoding アプリケーション geocoding<sup>2)</sup>を使用し、緯度・経度情報に変換した。病床数・診療科などは、北海道医療機能情報システムを基本として北海道医療新聞社 北海道医療年鑑・病院編<sup>3)</sup>および診療所編<sup>4)</sup>で確認しながら要手的に行った。データベース化の作業は表計算ソフト Excel で行い、これらのデータベースを GIS ソフトウェア ArcGIS Ver.9.3.1 に組み込んだ。さらに、平成 2005 年国勢調査をもとに製作された ArcGIS 北海道データより、北海道全域の住所表示区域(字毎)の男女別 5 歳毎の人口、世帯数などの情報を取り込んだ。

### 2-2. H-GIS による医療機関偏在の可視化

北海道での医療機関の偏在を可視化するために、構築した H-GIS 上に小児医療・産科医療・脳神経系疾患医療(脳卒中)・循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)を担当する医療機関と点表示した人口密度を重ね合わせて表示した。医療機関は、該当する診療所を含む医療機関および高度医療が可能な病院のみに分けて重ね合わせた。更に、医療機関から 10km 円、20km 円を表示した。

#### (1) 小児医療

医療機関: 小児科、小児外科および新生児科を標榜している医療機関

人口密度: 14 歳以下の男女、1点 5 人

#### (2) 産科医療



医療機関: 産科および産婦人科を標榜している医療機関

人口密度: 20~44歳の女性、1点5人

(3) 脳神経系疾患医療(脳梗塞)

医療機関: 脳神経内科および脳神経外科を標榜している医療機関

人口密度: 50歳以上の男女、1点10人

(4) 循環器系疾患医療(急性心筋梗塞)

医療機関: 循環器科および循環器外科を標榜している医療機関

人口密度: 50歳以上の男女、1点10人

### 3. 結果

構築した登録医療機関数は、北海道で付与した医療機関コードを有する医療機関が3856機関(うち休診中、廃院も含む)であり、道庁コード未定義分が220機関であった。計4056医療機関を地図上に登録した。北海道医療機能情報システムおよび北海道医療年間のデータは2008年のものであることから、この4056医療機関の中には、休診中および廃院のもの含まれると予測される。

北海道における小児科を標榜している医療機関であるが、診療所および病院では845(うち、小児外科のみ標榜27)、病院のみでは161(うち、小児外科のみ標榜2)であった。産婦人科または産科を標榜している診療所および病院では182、病院のみでは67であった。神経内科または脳神経外科を標榜している診療所および病院は210、病院のみでは、119であった。循環器科または循環器外科を標榜している診療所および病院は601、病院のみでは207であった。

今回の分析で用いた北海道の人口であるが、14歳以下の男女では717,870人であった。尚、市部では557,000人(77.6%)であった。20歳から44歳までの女性人口は894,859人であり、市部では735,364人(82.2%)であった。50歳以上の男女では2,483,523人、市部では1,886,055(75.9%)であった。

以下に、各医療の現状について示す。

(1) 小児医療

図 1 に小児医療機関を緑丸、小児 5 人を赤点で示した図を示す。図 2、3 に小児医療機関を中心として半径 10km 円、20km 円を示す。

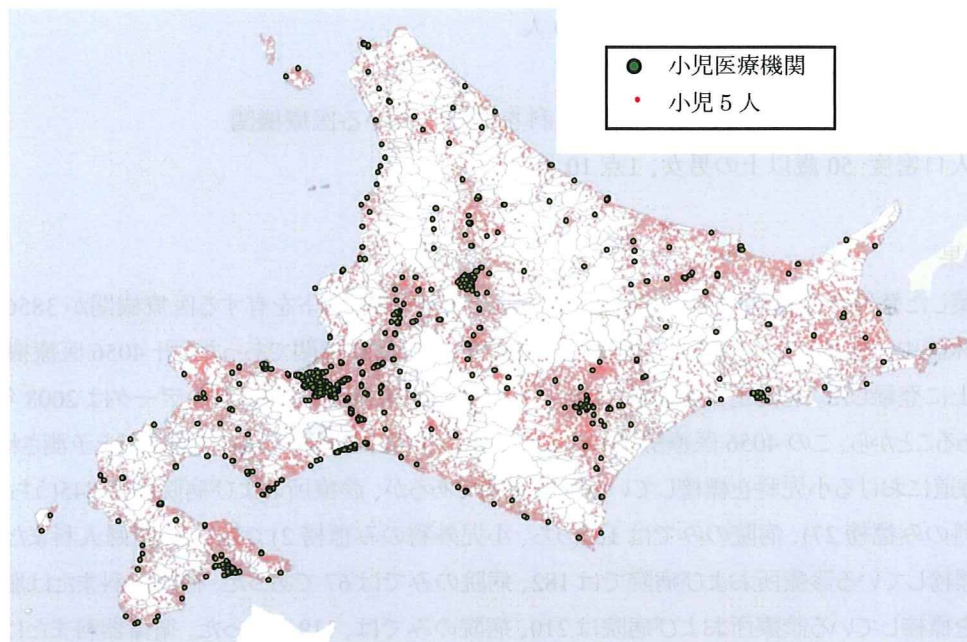


図 1. 小児医療(診療所を含む)

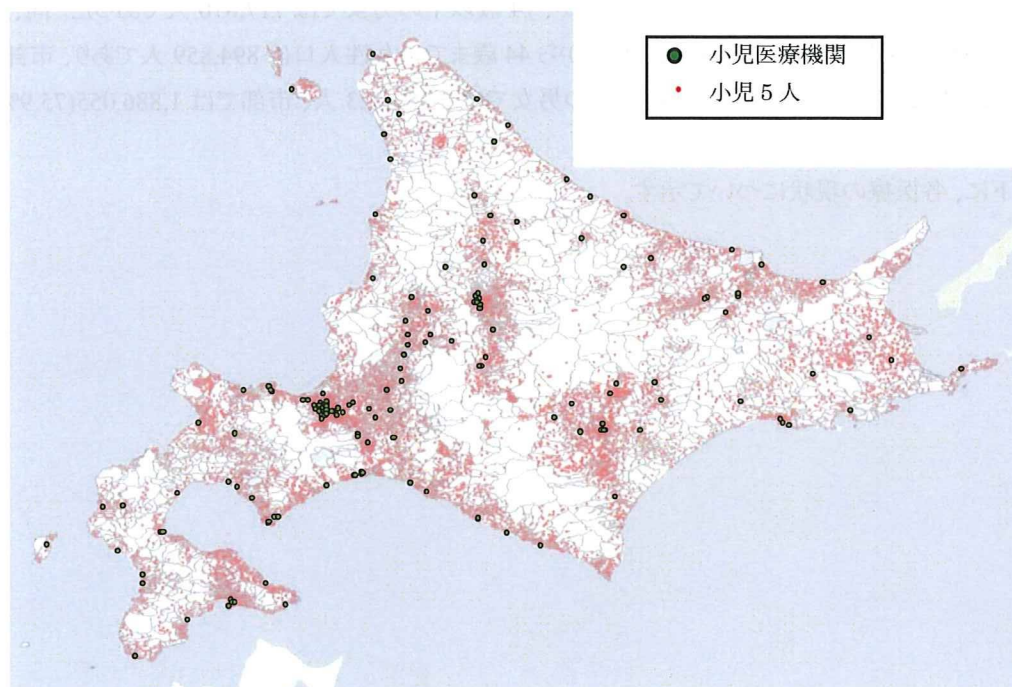


図 2. 小児医療(病院のみ)

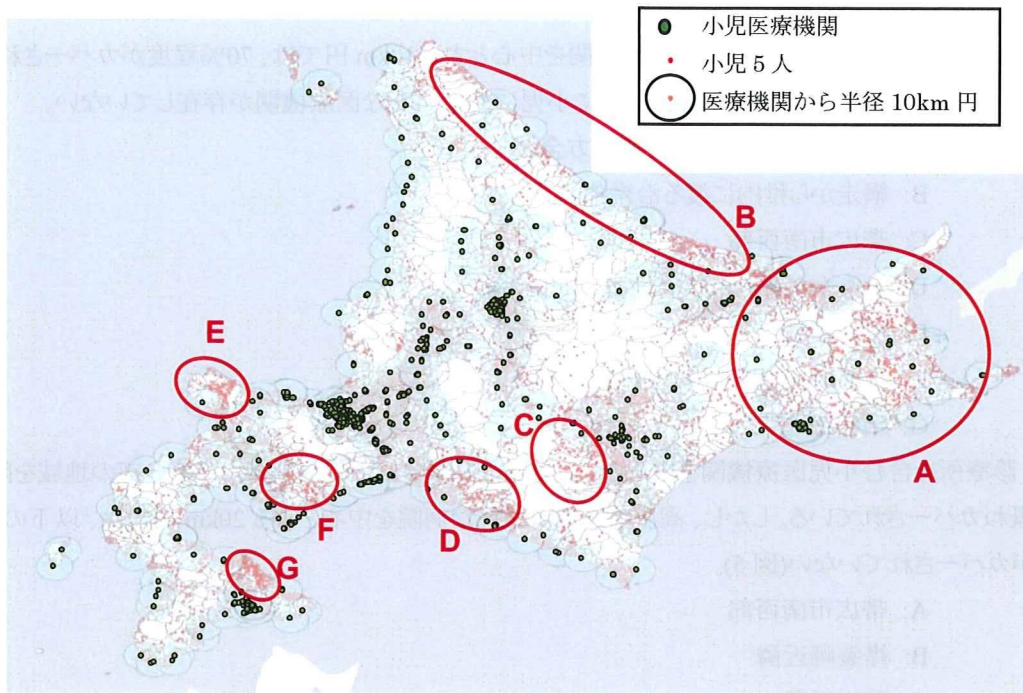


図 3. 小児医療(診療所を含む+10km 円)

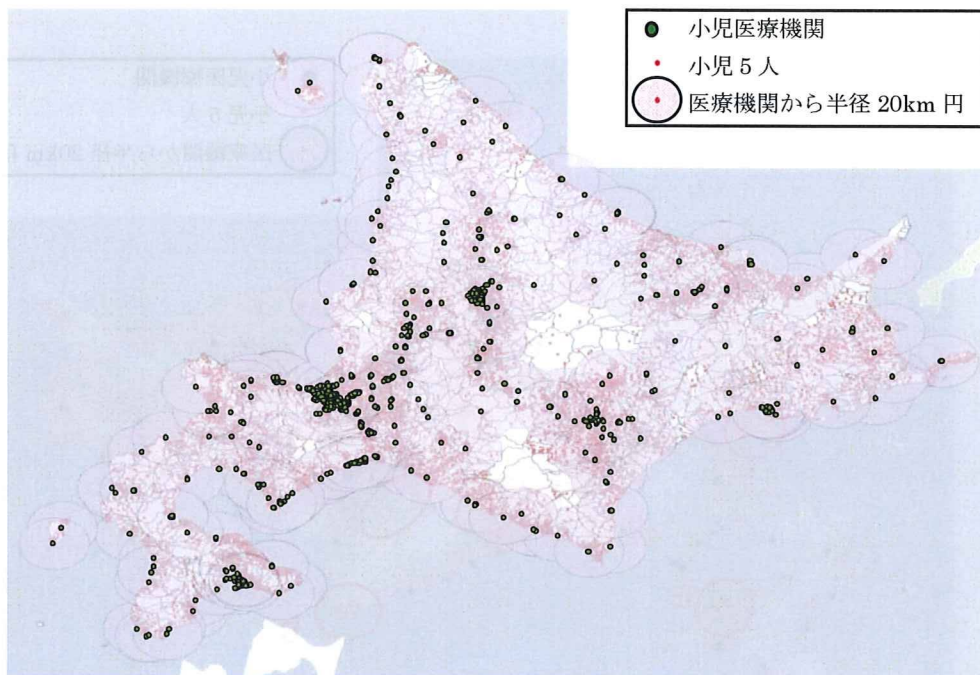


図 4. 小児医療(診療所を含む+20km 円)

図3に示す診療所を含む小児医療機関を中心とする10km円では、70%程度がカバーされている。しかし、以下の地域では10km圏内に小児に対応可能な医療機関が存在していない。

- A: 釧路市を除く釧路・根室地方全域
- B: 網走から稚内に渡る沿岸部
- C: 帯広市南西部
- D: 日高から新冠の牧場地帯
- E: 積丹半島
- F: 白老から登別にかけての山間部
- G: 函館市北東部

診療所を含む小児医療機関を中心とする20km円(図4)では、山間部などの一部の地域を除き、概ねカバーされている。しかし、高度な医療が可能な病院を中心とする20km円では、以下の地域がカバーされていない(図5)。

- A: 帯広市南西部
- B: 襟裳岬近隣
- C: 鶴川近郊
- D: 積丹半島
- E: 函館市北東部

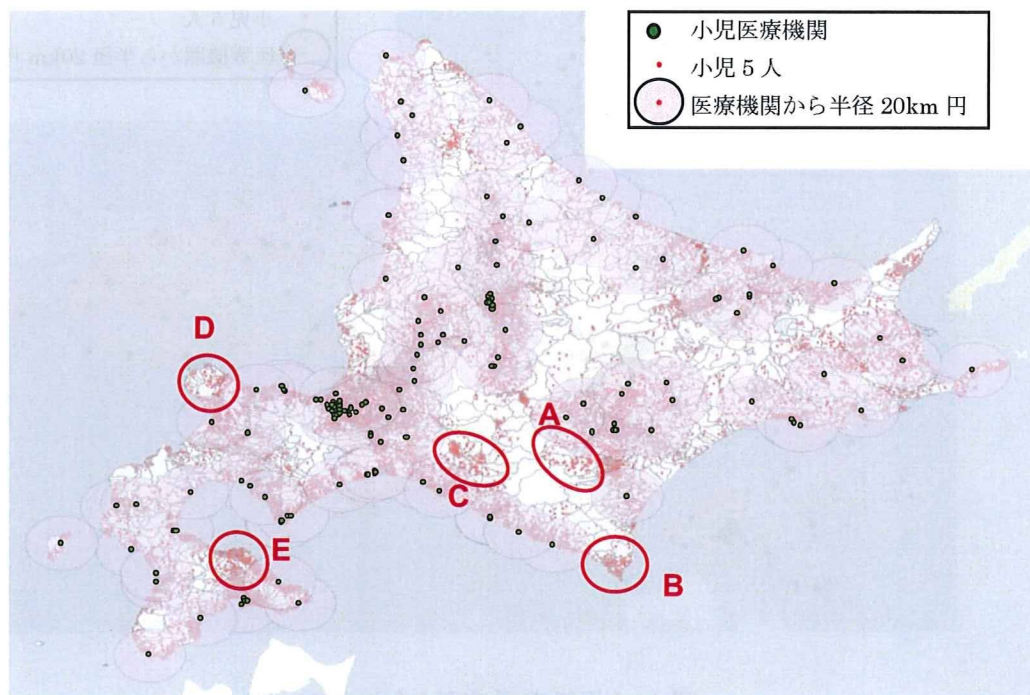


図5. 小児医療 (病院のみ+20km円)

(2) 産科医療

図4に産科医療機関を緑丸、20～44歳の女性5人を赤点で示した図を示す。図5、6に産科医療機関を中心として半径10km円、20km円を示す。

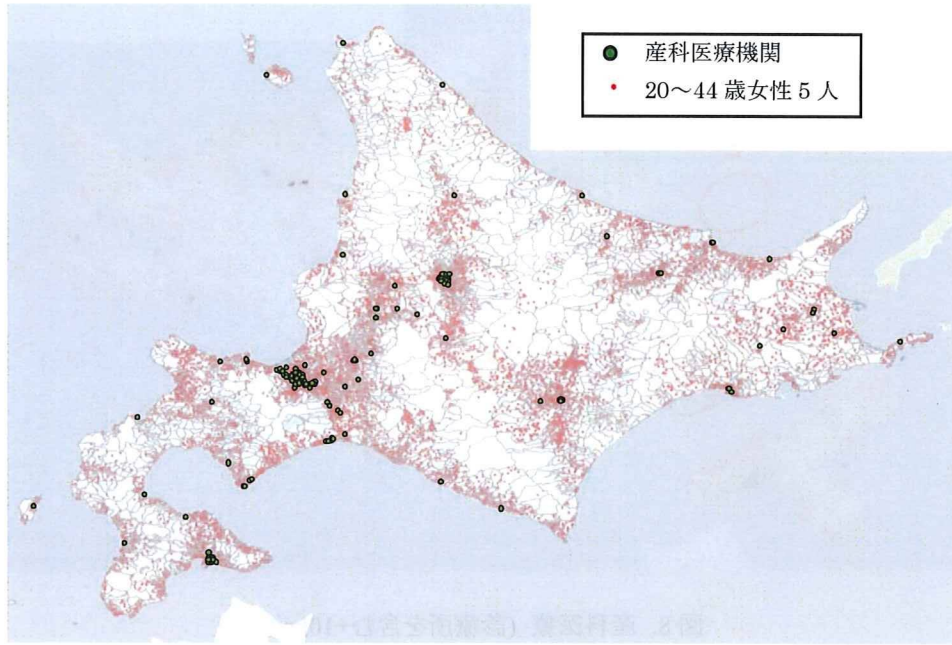


図6. 産科 (診療所を含む)

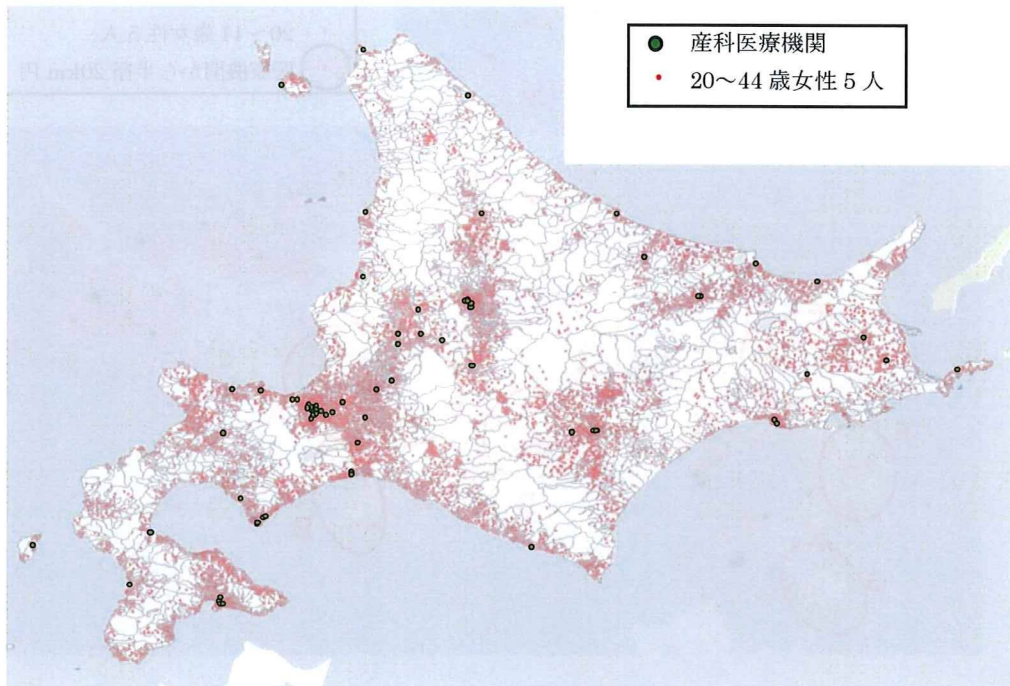


図7. 産科 (病院のみ)

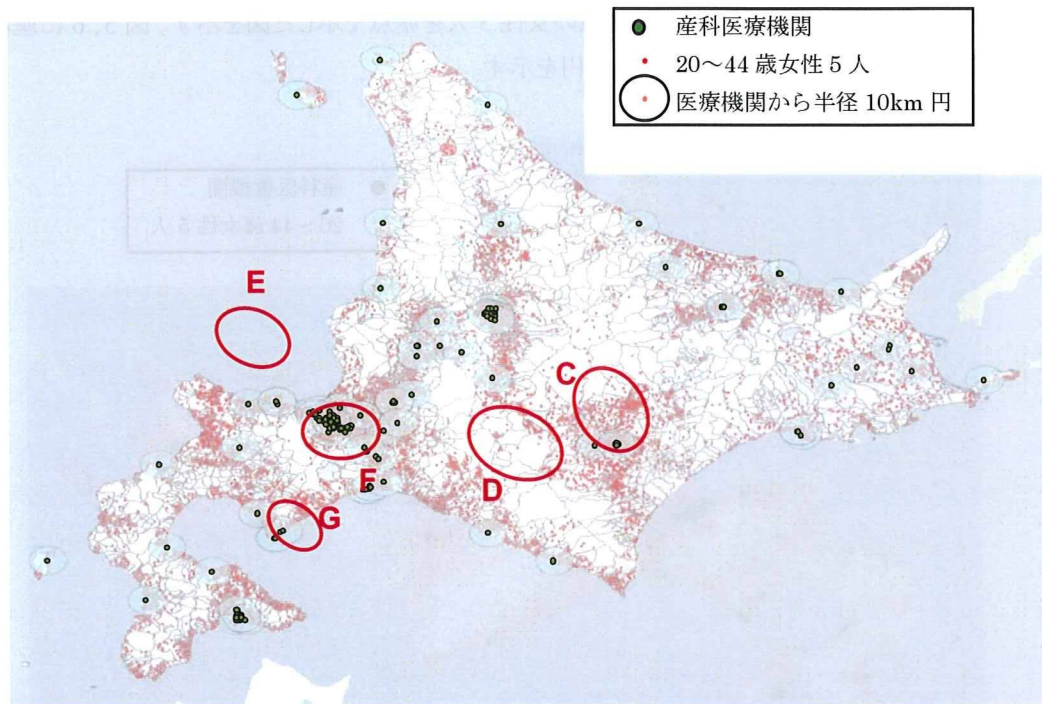


図 8. 産科医療 (診療所を含む+10km 円)

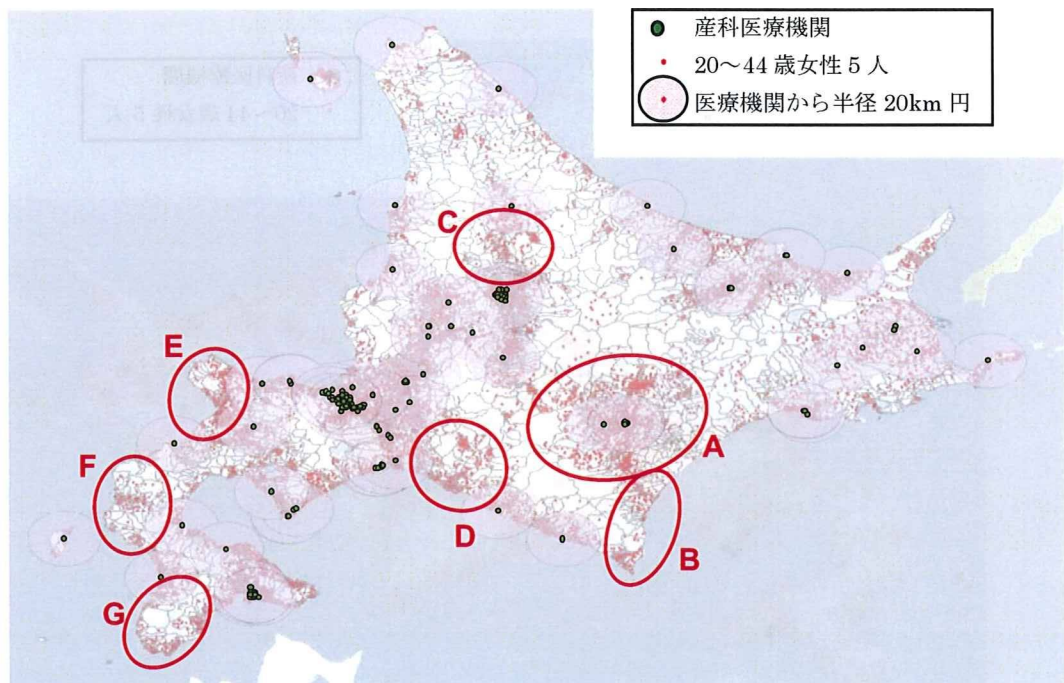


図 9. 産科医療(診療所+20km 円)

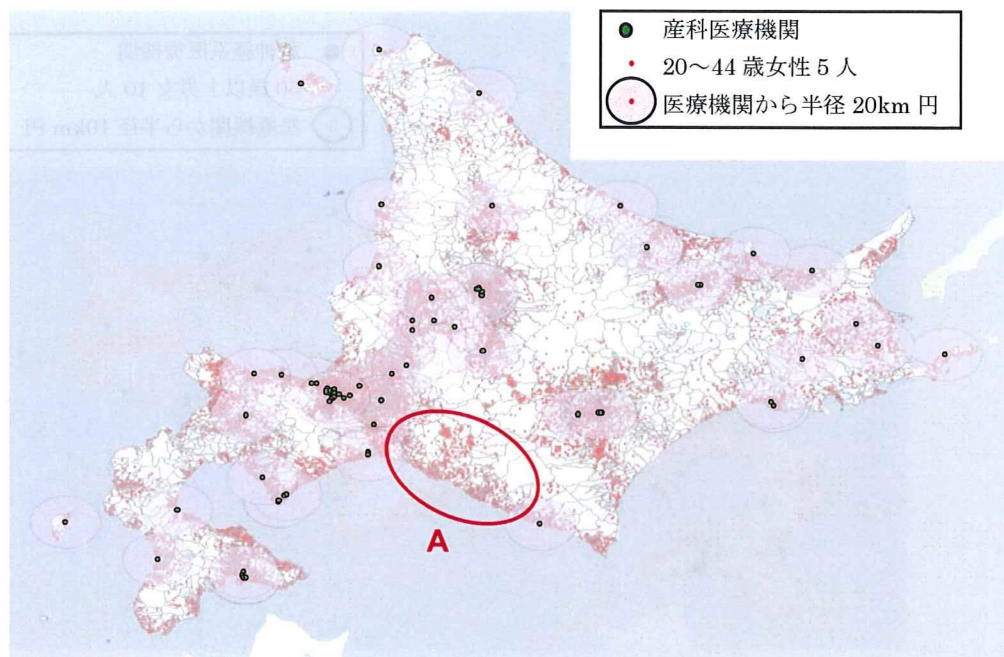


図 10. 産科医療(病院のみ+20km 円)

産科医療の場合、診療所を含む産科医療機関を中心とする 10km 円では、札幌・旭川・函館・室蘭・苫小牧・帯広・釧路などの都市に限られている(図 8)。同じく 20km 円では、カバーされる範囲は拡大するが、以下の地域でカバーされていない(図 9)。

- A: 帯広周辺部
- B: 広尾から襟裳岬
- C: 旭川から名寄の宗谷本線沿線
- D: 鶴川近郊
- E: 積丹半島
- F: 北檜山地方全域
- G: 松前半島

病院のみの産科医療機関を中心とする 20km 円では、これらの医療機関に加え、苫小牧から浦河までの沿岸部(A)が加わっている。

### (3) 脳神経系疾患医療

図 7 に脳神経系疾患医療機関を緑丸、50 歳以上の男女 10 人を赤点、脳神経系疾患医療機関を中心として半径 10km 円で示した図を示す。図 8 に脳神経系疾患医療機関を中心として半径 20 km 円とした図を示す。

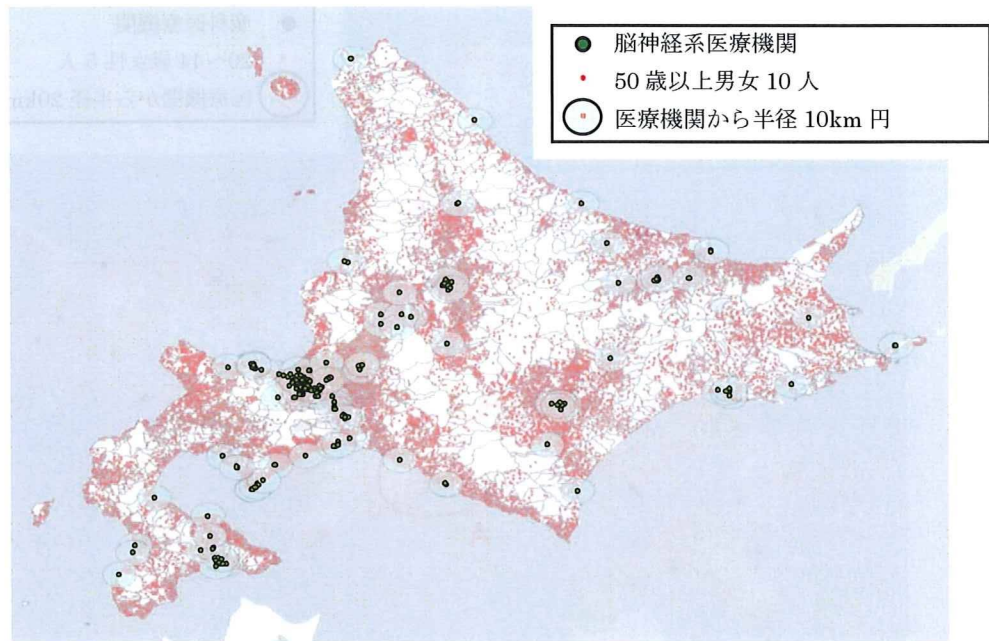


図 11. 脳神経系疾患(診療所を含む+10km 円)

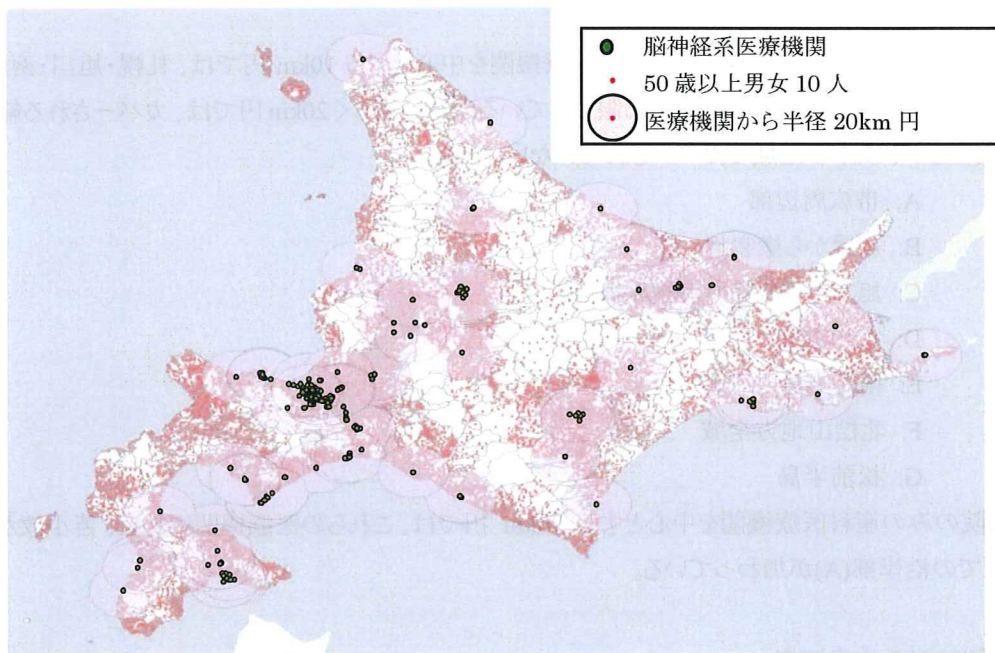


図 12. 脳神経系疾患医療 (診療所を含む+20km 円)



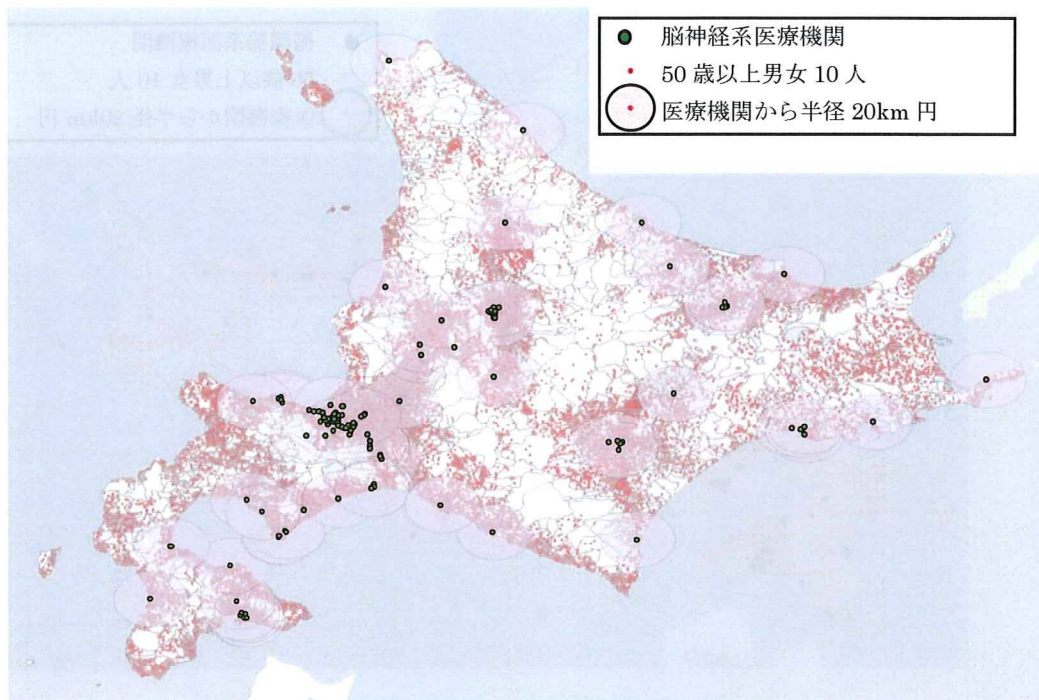


図 13. 脳神経系疾患医療 (病院のみ+20km 円)

(4) 循環器系疾患医療

図 9 に循環器系医療機関を緑丸、50 歳以上の男女 10 人を赤点、循環器系医療機関を中心として半径 10km 円で示した図を示す。図 10 に、20km 円を示す。図 11 に札幌近郊の拡大図を示す。

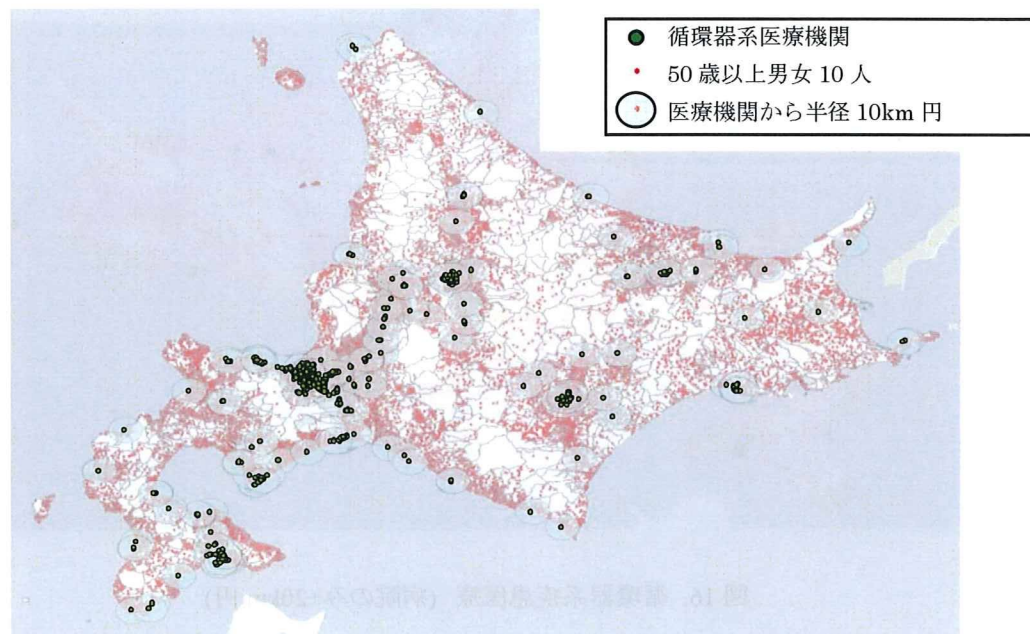


図 14. 循環器系疾患医療 (診療所を含む+10km 円)

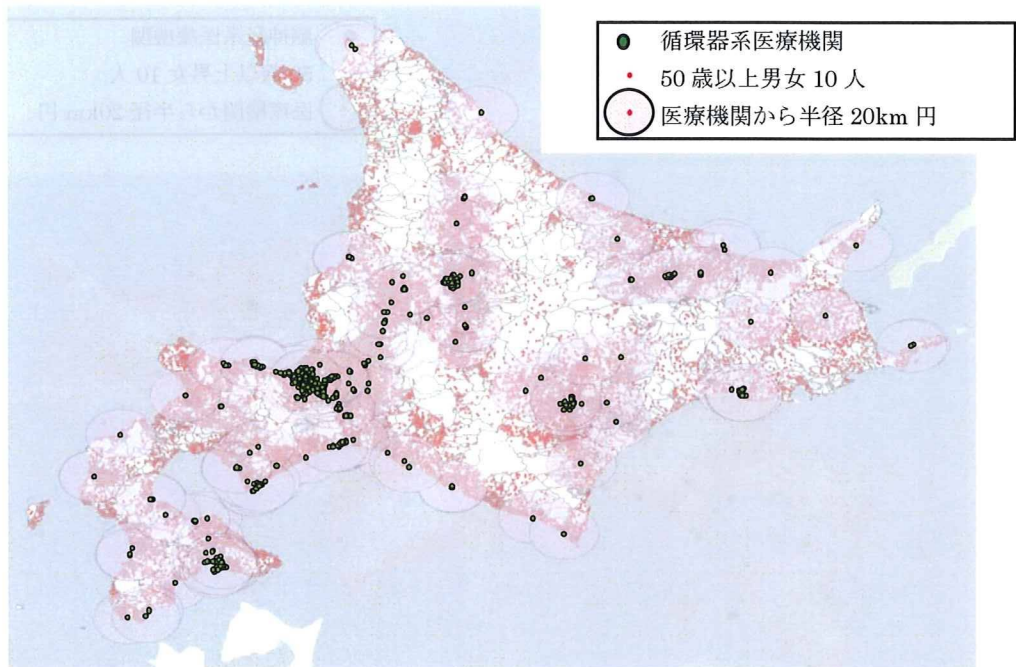


図 15. 循環器系疾患医療 (診療所含む+20km 円)

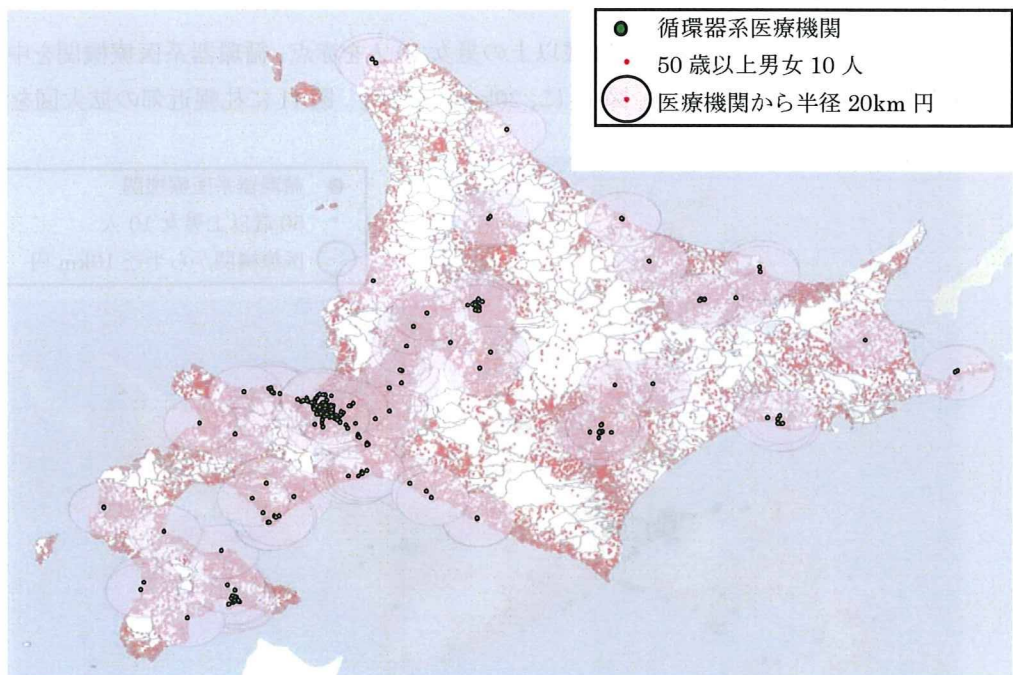


図 16. 循環器系疾患医療 (病院のみ+20km 円)

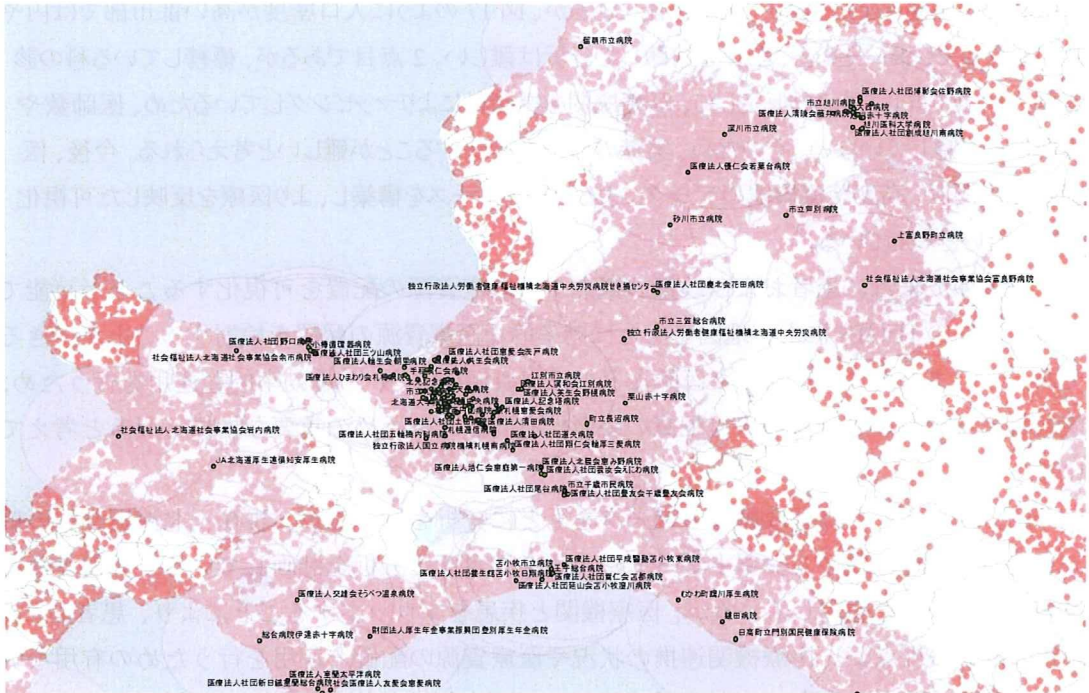


図 17. 循環器系疾患医療(札幌近郊、20km 円)

脳神経系医療および循環器系医療では、循環器系医療機関の方が多いが同様の傾向がみられる。診療所を含む医療機関を中心とする 10km 円では、札幌・旭川・函館・室蘭・苫小牧・帯広・釧路などの都市に限られている(図 11 および図 14)。

#### 4. 考察

カーラーの救命曲線では、心停止、呼吸停止、大量出血でそれぞれ死亡率が 50%となるのはそれぞれ 3分、10分、30分と言われている。今回、この救命曲線による緊急性を考慮し、医療機関を中心とする 10km 円を救急車で 15 分程度、20km 円を 30 分程度と想定した。平成 19 年の総務省消防庁資料によると、救急車が通報を受けてから医療機関へ収容する全国平均が 33.4 分であり、北海道が 31.0 分であった<sup>5)</sup>。今回の分析では、20km 円は、この救急車を呼んでから収容されるまでの時間に該当する。岩手県の調査では、盛岡市や宮古市などの都市部では、通報受理から医療機関への搬送まで約 23 分であったが、山間部では、約 1 時間であったとの報告<sup>6)</sup>もある。本研究では、道路距離を考慮せず円による推定を行っており、岩手県の調査を考慮すると山間部での 20km 円では 1 時間を要する場合も予想される。本研究では、5 人または 10 人を 1 点で表示した。疾患の発生率が均等であると仮定すると、点が発生イベントの確率を有しており、医療機関の配置に限らず、救急体制を考慮する上でも重要な資料となろう。

本研究はパイロットスタディとして行ったが、以下の 2 点を中心とする課題が明らかになった。1 点目であるが、医療機関を円で、人口を点で表している。そのため、人口密度が低い地方部におい

ては通院の困難さなどを表すことが可能であるが、図 17 のように人口密度が高い都市部では円や点が重なってしまうことから、全体を俯瞰した分析は難しい。2 点目であるが、標榜している科の診療能力は全て同じであると仮定して、医療機関を標榜科によりマッピングしているため、医師数や専門医を考慮していない。そのため、実際の診療を反映することが難しいと考えられる。今後、医師数や専門医、高度診療機器のデータによるデータベースを構築し、より医療を反映した可視化を試みたいと考えている。

本研究の成果は、患者および政策の観点から医療資源の配置を可視化することが可能であった。この H-GIS による地図をもとに効率的な医療資源の配置を検討することができるであろう。また、介護を含めた医師などの医療資源(スタッフ)を効率的な運用を行うため、疾患毎に各施設が受け持つ人口配置の妥当性を評価するための重要な指標となると考えている。

今回、人口データは国政調査のデータをもとに分析を行ったが、現在、北海道全域の個人を特定不可能な電子レセプトデータによる発展させた分析を計画している。郵便番号程度の住所データを想定しているが、医療機関と疾患をプロットすることにより、患者および政策の双方の視点より、医療機関連携の状況や医療資源の配置と運用を行うための有用な資料となろう。間接的に得られる社会的成果として、疾患毎の患者連携の状況を可視化し、地域に公開することにより、地域住民の医療環境の現状に把握と健康管理の重要性の理解につながるであろう。

#### 参考文献

- 1) <http://www.medinfo.ne.jp/hokkaido/ap/qq/men/pwtpmenult01.aspx> (平成 22 年 5 月 20 日確認)
- 2) <http://www.geocoding.jp/> (平成 22 年 5 月 20 日確認)
- 3) 北海道医療年鑑【病院編】. 北海道医療新聞社, 2009(札幌)
- 4) 北海道医療年鑑【診療所編】. 北海道医療新聞社, 2009(札幌)
- 5) [http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/2101/210122-2houdou\\_h.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/2101/210122-2houdou_h.pdf)  
(平成 22 年 5 月 20 日確認)
- 6) 元田良孝;地方道路整備に関する一考察. 会計検査研究 25. 2002(3). 43-64